
Proyecto de Investigación
Manual de Ejecución de Losas Postesadas

INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación es la elaboración de un manual lo suficientemente completo como para empezar a proyectar, y ejecutar sin ningún tipo de problema cualquier tipo de losa postesada.

Se pretende con este manual, dar las directrices básicas tanto en el diseño del elemento estructural, como en su posterior ejecución, para que no se den las patologías típicas que se presentan en muchas de las construcciones que utilizan este sistema estructural, debido a una falta de información y consejo, ya que este tipo de estructuras no es actualmente muy utilizada en la edificación.

Durante el ***proceso de proyecto*** se pretende evitar las patologías debidas a un deficiente dimensionado de los elementos que componen las losas postesadas, ya sean los cables y sus agrupaciones, como los diferentes trazados que puedan seguir, las distancias y dimensiones mínimas de los elementos, así como los extremos de los cables y sus anclajes, lugar dónde pueden darse lugar múltiples y graves problemas.

Durante el ***proceso de ejecución*** es donde mayor número de patologías pueden surgir, por lo que la mayor parte del manual trata sobre la ejecución. Hay que diferenciar diferentes fases dentro de la ejecución: las tareas previas al hormigonado, el propio hormigonado, y las tareas posteriores al hormigonado, que incluyen el tesado y la inyección.

PROCESO DE PROYECTO *Trazado de cables.*

El objetivo de esta investigación es la elaboración de un manual lo suficientemente completo como para empezar a proyectar, y ejecutar sin ningún tipo de problema cualquier tipo de losa postesada.

Esfuerzo de pretensado N	R min.	L min.	
Hasta 1.0MN	3.50 m	0.80m	L min. / R min. — FIGURA 1
1MN a 3.5MN	5.00 m	1.00m	
3.5MN a 10.0MN	8.00m	1.50m	

PROCESO DE PROYECTO *Distancias y Dimensiones Mínimas*

El objetivo de esta investigación es la elaboración de un manual lo suficientemente completo como para empezar a proyectar, y ejecutar sin ningún tipo de problema cualquier tipo de losa postesada.

Esfuerzo de pretensado	e_1	e_2	e_3	
Hasta 1.0MN	3cm	4cm mínimo 5cm preferible	7cm mínimo 10cm preferible	
1.0MN a 3.5MN	5cm			
3.5MN a 10.0MN	8cm			



PROCESO DE PROYECTO *Extremos de Cables.*

	Placa de anclaje		Cabezal		Trompetas			Espiral			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
A–1	80	10	42	45	20	20	60				
A–3	130	15	80	60	50	40	75	130	10	45	4
A–4	150	15	85	60	60	45	100	150	10	45	4
A–7	190	20	110	60	75	50	170	190	10	50	5
A–12	250	30	150	60	105	70	270	250	12	60	5

PLACA DE ANCLAJE
CILINDRO DE ANCLAJE
TROMPETA
ESPIRAL
3cm

FIGURA 4

El objetivo de esta investigación es la elaboración de un manual lo suficientemente completo como para empezar a proyectar, y ejecutar sin ningún tipo de problema cualquier tipo de losa postesada.

Grados	a(cm)	b(cm)	c(cm)	d(cm)	e(cm)	f(cm)
20	35.1	32.2	18.8	54.6	9.2	6.8
21	33.5	30.7	18.7	52.4	8.1	7.2
22	32.0	29.4	18.5	49.6	7.9	7.5
23	30.7	28.1	18.4	47.0	7.7	7.8
24	29.5	27.0	18.3	44.7	7.6	8.1
25	28.4	26.0	18.1	42.6	7.4	8.4
26	27.4	25.1	18.0	41.2	6.7	8.8
27	26.4	24.2	17.8	39.4	6.4	9.1
28	25.5	23.4	17.6	37.6	6.3	9.4
29	24.7	22.7	17.5	36.1	6.1	9.7
30	24.0	22.0	17.3	34.6	6.0	10.0
31	23.3	21.3	17.1	33.2	5.8	10.3
32	22.6	20.7	17.0	32.0	5.6	10.6
33	22.0	20.2	16.8	30.9	5.4	10.9
34	21.4	19.7	16.6	29.7	5.3	11.2
35	20.9	19.2	16.4	28.7	5.1	11.5

FIGURA 7: NICHO SUPERIOR E INFERIOR

TRANSPORTE Y ALMACENAJE

Al momento de su almacenaje, no deberán acopiarse más de tres bobinas una sobre otra.

Cordones de pretensado (se debe *evitar* que ocurra lo siguiente)
-Un ataque químico, electroquímico o biológico que pueda ser causante de corrosión.
-Cualquier daño sobre los cordones de pretensazo, como golpes en alguna hebra, cortes por acción de tronzadoras, elevadas temperaturas por efecto de soldaduras, etc.
-Cualquier contaminación que sea susceptible de afectar a la durabilidad y la adherencia entre los cordones y la lechada de cemento.
-Almacenar el material sin protección, evitando su exposición a la lluvia o contactos con el suelo.
-Soldar en las proximidades de los tendones sin tomar las precauciones necesarias contra las salpicaduras.

Vainas:
-Se debe evitar daños locales,
su excesiva corrosión, aunque
ingreso de los cordones en la
-Se garantizará su estanqueida
-Se asegurará la resistencia c
-Se prohíbe el uso de cadenas
obra. Idealmente se deberán ut
-La descarga se efectuará los
posibles daños.

Las cuñas y los anclajes, se a
lo tienen, hasta el momento de

La bomba y el gato deberán g
descarga deberá hacerse con e
descalibración de manómetros o





PROCESO DE EJECUCIÓN *Tareas previas al hormigonado.*

-Colocación del *apuntalamiento y encofrado* de la losa, comenzando en los soportes, machones, muros y capiteles, ejecutándose posteriormente el resto de la losa.



PROCESO DE EJECUCIÓN *Vertido del hormigón.*

El hormigón debe verterse de forma que *no mueva de posición los cordones* de postesado. Si los cordones llegaran a desplazarse, deben volver a ubicarse antes de continuar con el hormigonado.

Se debe *cuidar el vibrado* en las zonas en las que se encuentran situados los anclajes activos y pasivos para evitar la formación de coqueras. El vibrado se debe efectuar con mucha precaución por debajo de las agrupaciones de anclajes y cables.

En los casos en que la descarga se efectúe directamente desde el camión se cuidara no desplazar los cordones, evitándose acumular excesivo volumen de hormigón en la losa para *evitar alterar la curvatura de los cables.*

Si el hormigonado se efectuara con cubilote, manejado por la grúa torre se controlara la *altura del vertido* para evitar los efectos indicados en el párrafo anterior.

Por ultimo, si el sistema de puesta en obra es el bombeo, las tuberías se soportaran con *trípodes* sobre el trazado de los cables, evitando que descanse directamente en ellos.



PROCESO DE EJECUCIÓN *Tareas posteriores al hormigonado.*

Actividades previas al tesado.

-Retirada de las tabicas de encofrado.

-Quitar los moldes plásticos.

-Limpiar los asientos de las cuñas del posible ingreso de mortero (sector interno de cada anclaje).

-Colocar las cuñas.





PROCESO DE EJECUCIÓN *Tareas posteriores al hormigonado.*

Tesado.

Una vez alcanzada la resistencia requerida en el hormigón se efectuara el tesado conforme a los siguientes pasos:

-Se efectuara una *marca de pintura* en cada cordón a una distancia fija del canto de la losa (por ejemplo colocando un listón de madera) que permita controlar posteriormente el alargamiento del cordón.

-Se instalara el gato y la central hidráulica y se efectúa una *prueba del sistema*.

-Se colocara el gato en el extremo del cordón y se aplicara la *fuerza indicada en el proyecto*.

Se *medirá el alargamiento del cordón*, anotándose los resultados en el correspondiente impreso.

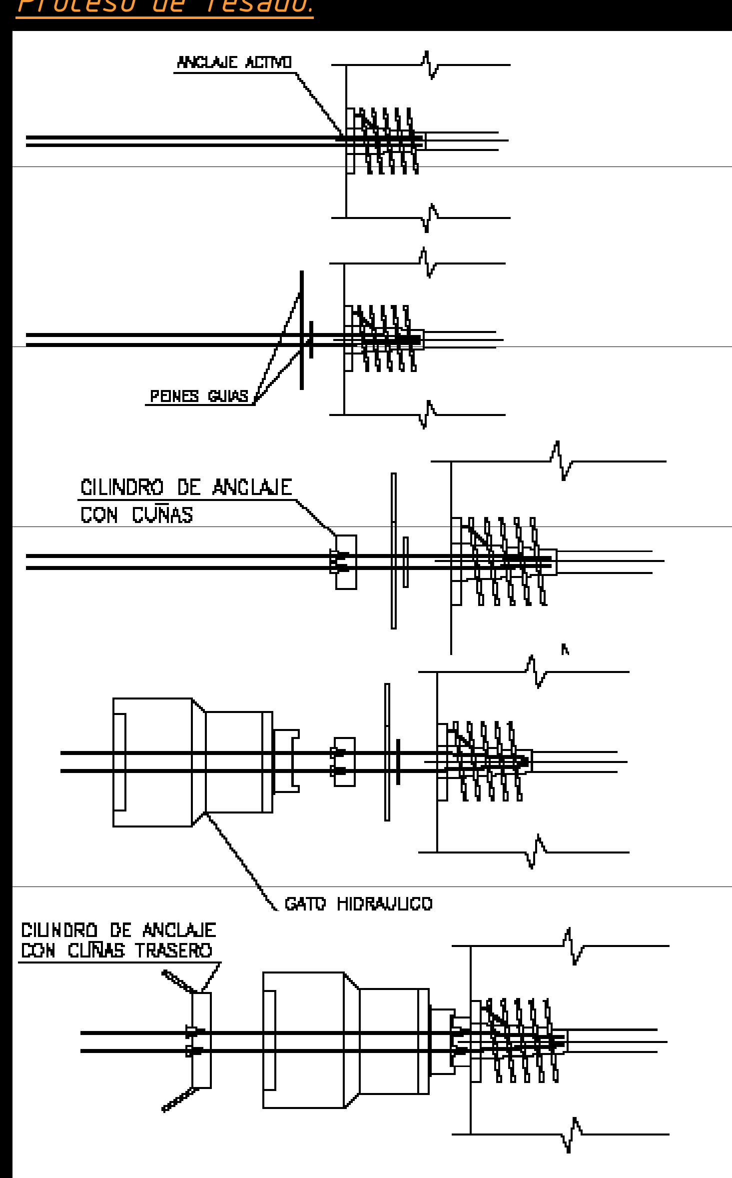
Hay que verificar siempre que el hormigón no se daña en las zonas cercanas a los anclajes. Si se producen grietas, oquedades o cualquier otra anomalía **se detendrá el tesado**.





PROCESO DE EJECUCIÓN *Tareas posteriores al hormigonado.*

Proceso de Tesado.



Colocación del anclaje activo

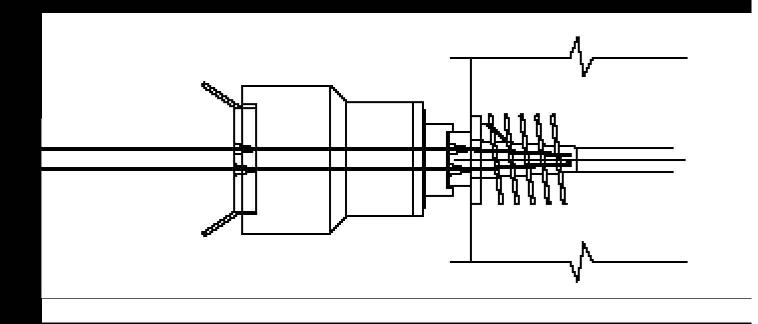
Colocación peines guía

Colocación cilindro de anclaje con cuñas

Colocación gato hidráulico

Colocación cilindro de anclaje con cuñas trasero

Aplicación de las fuerzas descritas en proyecto





PROCESO DE EJECUCIÓN *Tareas posteriores al hormigonado.*

Actividades previas a la inyección.



Inyección.



problemas posibles durante l

-*Asegurar la adherencia* en

-Temperatura de la mezcl

-Volumen de la lechada a

-inyección adicional cuand

-Realización de los ensay

Antes de preparar la mezcla y efectuar la inyección, debemos *asegurarnos que las vainas estén en condiciones adecuadas*, debiéndose revisar las siguientes cuestiones:

-*El estado de las vainas*: Deben tener un diámetro 10mm mayor que el cordón que se colocara en ellas. No deben estar abolladas ni deformadas para no dar lugar a que se formen tapones.

-*La estanqueidad de las vainas*: Deben revisarse las uniones ya que un fallo en ellas puede originar la pérdida de la lechada.

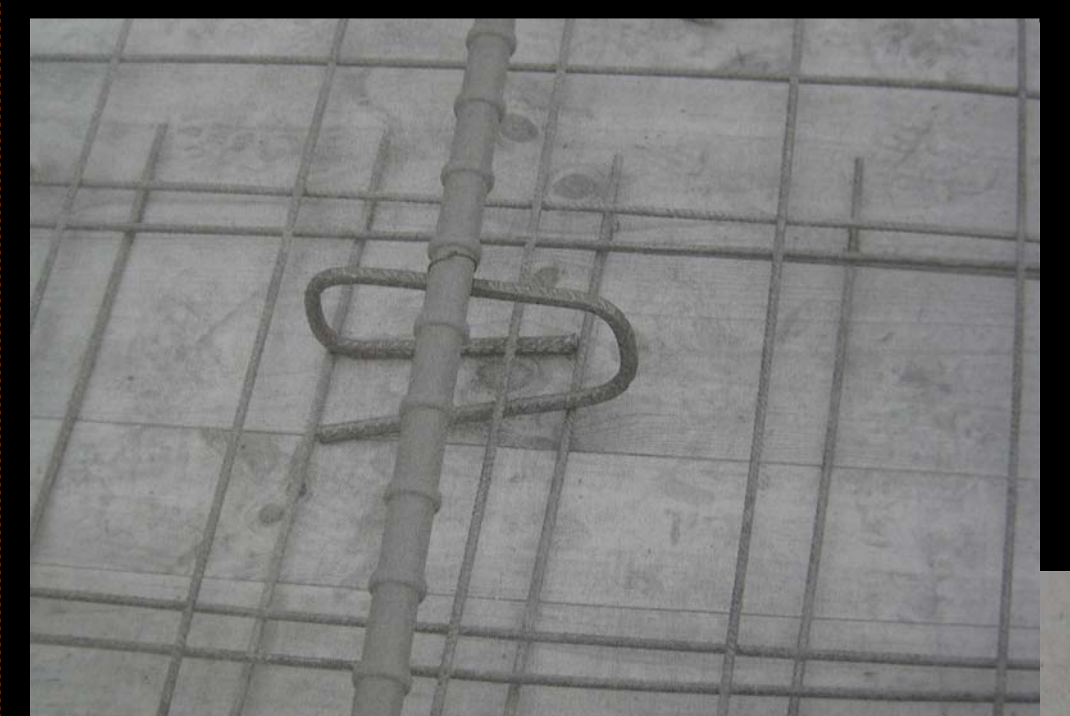
-*La existencia de purgas de drenaje y de salida*: Se asegurara que la manguera por donde saldrá la mezcla este conectada a la vaina en forma correcta.

PATOLOGÍAS



-La *retracción plástica o hidráulica* los primeros días, previo al tesado de los cordones, por un deficiente control del fraguado, que al tesar puede provocar unas fisuras que afecten muy negativamente a la armadura pasiva.

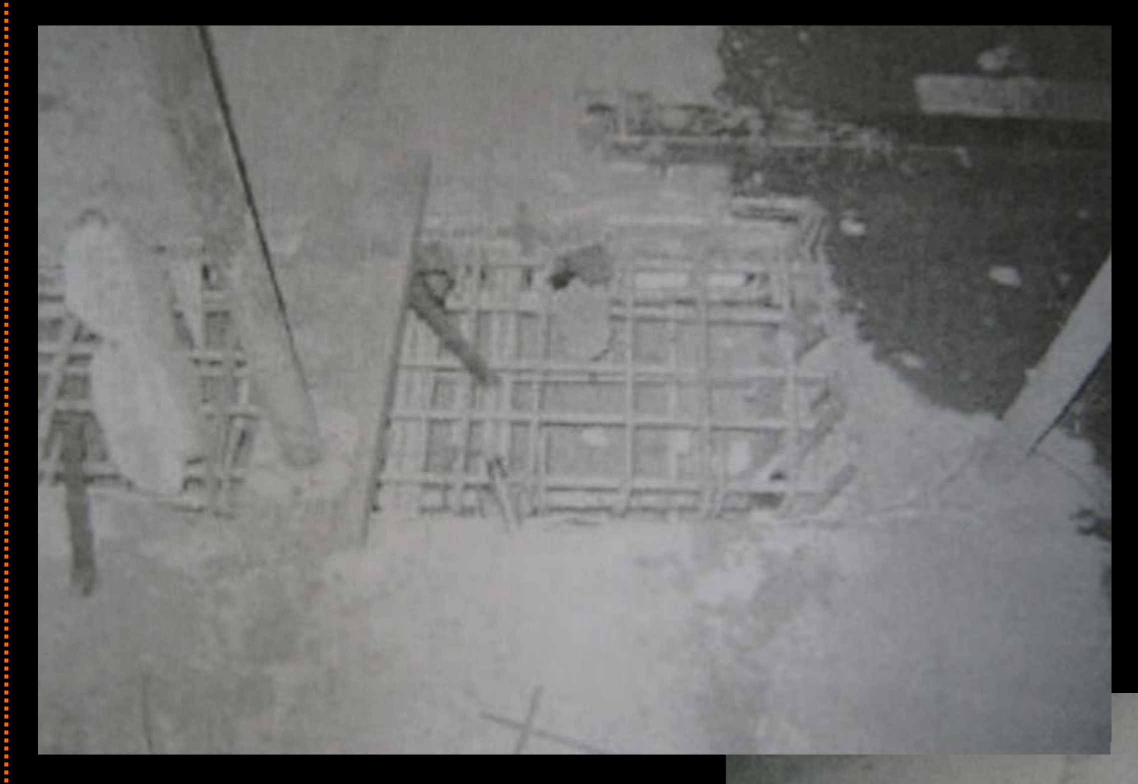
PATOLOGÍAS





-La ausencia del *recubrimiento* en las vainas o el incorrecto uso de los separadores puede dar lugar a una dañina exposición de las vainas que protegen los cables tesados.

PATOLOGÍAS



-La vaina no queda correctamente inyectada debido a que esta sufrió un *aplastamiento* durante la ejecución, y el mortero no llegó a toda su longitud. Esto puede provocar pérdidas graves de agarre de los cordones. Es muy posible que no se pudiera llegar ni a introducir el cordón. La solución consiste en picar la zona afectada, cortar la vaina y solapar y sellar bien un nuevo tramo, hormigonándose después dicho tramo.

PATOLOGÍAS



-La *formación de coqueras* en la zona de los anclajes, puede llegar a rotura del hormigón. Para solucionarlo se destesarán los cordones, se picará la zona afectada, se reposicionan los anclajes y se hormigota con un mortero de alta resistencia inicial sin retracción.

PATOLOGÍAS



-Un *desapuntalamiento prematuro*, no afectará directamente a la estructura, pero transmitirá una carga excesiva a los puntales restantes, volviéndolos inestables, y transmitiendo unas cargas puntuales al forjado inferior que pueden afectar a su integridad estructural.

PATOLOGÍAS



-El cable de tesado puede *romperse* debido a no haber cumplido las recomendaciones de transporte y almacenaje. Se cambiará y se volverá a comenzar la operación de tesado.

PATOLOGÍAS



-Grandes *retrasos en la obra* por rotura del material de tesado.

PATOLOGÍAS

-Una *excesiva contraflecha* en el forjado, producida por un exceso de carga aplicada al tesado puede dar lugar a una figuración que termine afectando a las armaduras.

-Si se dan lugar *deformaciones o fisuraciones en lugares no previstos*, es muy posible que las vainas hayan sido mal colocadas, o que se hayan desplazado durante el hormigonado. Habrá que recalcular la viabilidad del forjado, o si no, demolerlo.

-Figuraciones excesivas pueden dar lugar a *corrosión* en las armaduras pasivas.

PLANILLAS DE CONTROL

INYECCION DE VAINAS

UBICACIÓN:	Pág Nº:
ELEMENTO:	

REPORTE DE TESADO

UBICACIÓN	DENOMINACION CABLE	AREA PISTON	FECHA DE CALCULO:	CALCULADO POR:	PAGINA Nº:
DENOMINACION ELEMENTO	MODULO ELASTICIDAD	MANOMETRO Nº: GATO Nº:	FECHA DE TESADO:	MEDIDO POR:	

CABLE Nº	ORDEN DE TENSION	LONG. CABLE	CARGA DE TESADO		PRESION MANOMETRICA		ELONGACIÓN			ELONG. BRUTA	ELONG. EN GATO	ELONG. NETA	ELONG. CHEQUEADA	DIF. ELONG.	COMENTARIOS
					CALC.	LEIDA	CALC.	LEIDA	RECIBIDA						
		(m)	(N)	(%)	(MN/m2)	(MN/m2)	(MN/m2)	(MN/m2)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		

VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Reducción del canto de forjado respecto al hormigón armado o para el mismo canto, mayor separación entre pilares.
- Mayores alturas libres por plantas
- Posibilidad de retirar los apuntalamientos a partir del tesado de los cordones
- Se reduce notablemente las cuantías de acero pasivo.
- Al lograr losas planas, facilita el montaje de encofrados y ferralla.
- La reducción de peso propio del forjado disminuye la carga total que llega a la cimentación.
- El menor volumen de hormigón y peso de armadura pasiva, unido a la facilidad de colocación de la armadura activa, conducen a reducciones de plazos y a ahorros económicos dignos de ser considerados tanto por la propiedad como por el constructor.
- Como contrapartida existe la desventaja de ser un sistema de construcción nuevo, y tecnológicamente avanzado, por lo cual necesita de mano de obra muy especializada, así como un control intenso de la ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

-MONTONERO FERNANDEZ DE BOBADILLA E. "Puesta en obra del hormigón". Consejo General de la Arquitectura Tecnica en España.

-Artículos EHE

- -Art.20 - Análisis Estructural del Pretensado.
- -Art.32 - Armaduras Activas.
- -Art.33 - Sistemas de pretensado.
- -Art.34 - Dispositivos de Anclaje y empalme de armaduras postesas.
- -Art.35 - Vainas y accesorios.
- -Art.36 - Productos de inyección.
- -Art.37.4.2 - corrosión de las armaduras activas.
- -Art.38 - Características de los aceros.
  - -38.5 Diagrama tensión-deformación característico del acero para armaduras activas
  - -38.6 Resistencia de calculo del acero para armaduras activas
- -38.7 Diagrama tensión-deformación de calculo del acero para armaduras activas
  - -38.8 Modulo de deformación longitudinal del acero para armaduras activas
  - -38.9 Relajación del acero para armaduras activas
  - -38.10 Características de fatiga de las armaduras activas y pasivas
- -38.11 Características de fatiga de los dispositivos de anclaje y empalme de la armadura activa
- -Art.67 - Colocación y tesado de las armaduras activas
- -Arts. 90/91/92/93/94 Controles de calidad.
- -Art.97 - Control del tesado de las armaduras activas

-ACIES "Sesión tecnica monografica Nº3: "Losas postesadas en edificación."

-LIEBANA O. "Monografía 12: "Losas postesadas"

-MK4 "Catálogo forjados postesados."

-MK4 "Catálogo Anclajes"

-MK4 "Catálogo pretensado 2005"

-TECPRESA "Catálogo pretensado."

-PRECON "Manual técnico de sistemas de pretensado"

-VSL "Post-Tensioned in buildings"

-VSL "Detailing fo Post-Tensioned"